第20卷 第2期 昆虫学报 Vol. 20, No. 2
1977 年 5 月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA May, 1977

应用植源性蜕皮激素调节蚕儿生长发育和增产蚕丝的研究

中国农林科学院蚕桑科技服务组
江苏省蚕业研究所生理病理室
中国科学院北京动物研究所药剂毒理室
中国科学院上海有机化学研究所第一研究室

摘要 本文从生产角度，着重探讨了由筋骨草提取的蜕皮激素(以下简称 MH)在调节蚕儿生长发育和增产蚕丝方面的实用价值：(1)家蚕末龄中期(饷食后72小时左右)，每头添食 MH 3 微克，可以缩短龄期，提早两天上蔟结茧，避免或减少缺叶倒蚕的损失；(2)在见熟前10小时，每头添食 MH 2 微克，连添二次，可使五龄经过缩短14小时，上蔟开始到上蔟终了的时间，从对照区的39小时缩短到14小时。一般见熟5—10%添食 MH2.2 微克/头，12小时后即可全部上蔟，熟蚕出现率非常集中，这可大大提高上蔟工效，提高养蚕的劳动生产率；(3)见熟时添食 MH 还可有效地减少不结茧蚕发生，这不仅在提高 JHA 增产效果方面，而且在一般养蚕生产中防止不结茧蚕方面，也有重要意义；(4)试验还发现，五龄早期(饷食后24小时)添食适量的 MH，有一定的增丝效果，不同试验中，平均茧层量增长幅度4—17%不等；(5)家蚕末龄添食 MH，能明显地提高一日茧层量，提高幅度为5—30%，依 MH 添食时刻为转移。

我国对昆虫激素于蚕业应用的研究，在毛主席革命路线指引下，组织社会主义大协作，专业研究与群众性科学实验相结合，在较短时间内，取得了较快的进展。关于保幼激素类似物(JHA)的应用方法和增丝效果，已经作过报道(江苏蚕研所等，1974，1974a)。本文从生产角度，着重探讨植源性蜕皮激素(phytoecdysones，以下简称 MH)在调节蚕儿生长发育和增产蚕丝方面的实用价值。

材料与方法

供试蚕品种 1974年供试品种为"苏3×苏4"；1975年除"苏3×苏4"外，还有"东34×603"。

激素样品 保幼激素类似物3号(J003)，系中国科学院北京动物研究所合成。

OCH_3 O J003

植源性蜕皮素系从筋骨草[1)]抽取，由中国科学院上海有机化学研究所提供。据测定，从筋骨草分离所得的混合结晶，主要成分为 β-蜕皮激素(β-ecdysone)与筋骨草甾酮 A(aju-

1) 筋骨草俗名白毛夏枯草，属唇形科植物，为一年二年生草本。我国有筋骨草共18个种，分布全国各省，江南各省主要是金疮小草(*Ajuga decumbens* Thunb.)，筋骨草(*A. ciliata* Bunge)和紫背金盘(*A. nipponensis* Makias)。本文所用蜕皮激素系从浙江省衢县地区出产的筋骨草提取。

gasterone A)，二者含量比例约为 3:2。这两种蜕皮激素对蚕体蜕皮活性试验的效果相似。

R—H β-蜕皮激素

R—OH 筋骨草甾酮A

本文使用的 MH 即为这两种蜕皮激素的混合结晶。

人工饲料 1—3 龄蚕用配方 10，4—5 龄蚕用配方 34 或 38。其成分比例见表1。

表 1 实验室应用的人工饲料配方

组 份	1—3 龄蚕用	4—5 龄蚕用	
	No. 10	No. 34	No. 38
桑叶粉（克）	5	1.5	—
马铃薯淀粉（克）	2	—	—
玉米粉（克）	—	4	6
豆腐粉（克）	2	4	5
纤维素（克）	1	0.5	1.5
琼脂（克）	1	—	—
桑色素（毫克）	20	10*	30
抗坏血酸（毫克）	200	200	200
维B混合物（毫克）	38.22	38.22	38.22
柠檬酸（毫克）	50	100	100
丙酸（毫克）	100	150	150
山梨酸（毫克）	20	20	20
氯霉素（毫克）	1.25	1.25	1.25
加水量 毫升/克干物	3	2	2

* 四龄用饲料加入桑色素，五龄用饲料中不加。

处理方法 蚕儿饲养：稚蚕覆盖育，壮蚕普通育；饲育温度：稚蚕 24—25℃，壮蚕 27—29℃。JHA 都用体表喷雾办法。MH 事先溶解于热水，按规定剂量，均匀地掺拌于人工饲料内（估计 24 小时的食下量），经口添食。

结 果 分 析

（一）MH 调节五龄经过的作用

MH 对蚕儿生长发育及产丝量的影响，因添食时期不同而很不一样。如图 1 所示，对末龄家蚕每头添食 3 微克 MH，不论添食时期如何，都不同程度地缩短末龄经过，其中尤以末龄中期添食，缩短效果最为明显。例如末龄经过为 6 天 11 时，则于饷食后 3 天左右（即 48—72 小时或 72—96 小时）添食，可以缩短末龄经过两天光景（1 天22 小时）。这在养蚕生产上的特殊意义是：万一遇到气象变化等原因，出现桑叶不够时添食蜕皮激素，促

使龄期缩短，提早老熟结茧，即可避免或减少缺叶倒蚕的损失。

（二）MH 提高上蔟齐整度的作用

上蔟是需要劳动力较多的一个工序，约占整个养蚕所需劳动量的 10% 左右。提高上蔟工效，对提高养蚕劳动生产率具有重要意义。在见熟前后添食 MH，不仅可以缩短龄期经过半天到一天，而且能够促进老熟齐一（图 2），有利于提高上蔟的工效。图 2 资料表明：见熟前连续添食 MH 两次，每头添食剂量为 4 微克，结果上蔟提早了 14 小时（对照区五龄经过 8 天 19 时，MH 添食区 8 天 5 小时），上蔟开始到上蔟终了的时间从 39 小时缩短到 14 小时，见熟后的 12 小时之内，90% 以上都已上蔟，极为齐一。这种效果，在应用 JHA 时，表现得更为显著。如图 3 所示，JHA 处理区，上蔟开始到终了经过两天时间；但同样 JHA 处理区，在见熟后添食 MH2.2 微克/头，上蔟时间从 2 天缩短到一天，比对照区（一天 10 小时）还要短；MH 添食 12 小时后，全部上蔟结束，熟蚕出现率非常集中。

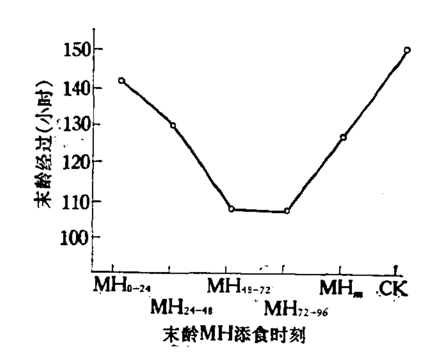


图 1　末龄幼虫经过长短依 MH 添食时刻为转移（供试材料为“苏 3×苏 4”五眠蚕的末龄幼虫；MH 添食剂量为 3 微克/头；人工饲料：1—3 龄 No. 10，4—6 龄 No. 34；MH_{0-24} 表示末龄饷食后的 24 小时，人工饲料内添加 MH；MH_m 即见熟添 MH）。

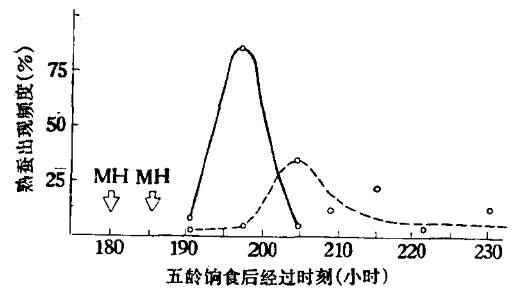


图 2　五龄见熟前添食 MH 与上蔟齐整度
供试品种：“苏 16 × 苏 17”；见熟前 10 小时连添 MH 二次，每次 2 微克/头。
o——o MH 添食区
o------o 不添食对照区

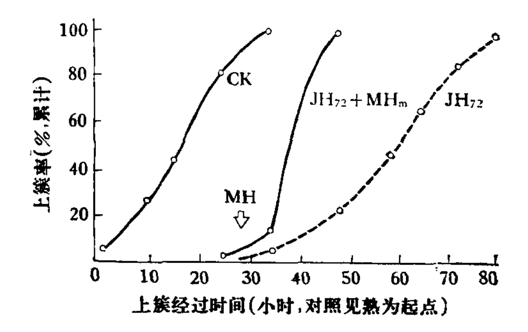


图 3　激素处理与上蔟经过
“苏 3 × 苏 4”；JH_{72} 即五龄饷食后 72 小时体喷 J003 2.5 微克/头；$JH_{72}+MH_m$，即五龄 72 小时体喷 J003 2.5 微克/头，见熟后添食 MH 2.2 微克/头；CK 为对照；1974 年 7月 14日 10 时饷食，经 110小时即 7 月 18 日 24 时对照见熟，作为上蔟起点。

（三）MH 防止不结茧蚕发生的作用

不同 JHA 的使用时期及剂量标准，通过试验，已经确定（江苏蚕研所等，1974，1974a）。按照使用规程，JHA 的增丝效果明显，而且不会发生不良的副作用。但是如果剂量过高，施用时期偏迟时，可能出现不结茧蚕。如果结合使用 MH（JHA 处理后，于见熟前后添食 MH）即可以有效地防止不结茧蚕的发生。如表 2 所引的一组试验，JHA 处理区，每头平均茧层量（0.27 克）比对照区（0.20 克）提高 35%，但供试百头群体的茧层产量（20.72 克）比对照区（19.89 克）仅增加 4%。这就是因为 JHA 喷布剂量过高（2.5 微克/头），施药时期偏迟（72 小时），出现了 22% 的不结茧蚕的缘故。就在这同一试验中，JHA 处理后，于见熟时添食 MH，每头 2.2 微克。结果，不结茧蚕发生率减少一半以上，平均茧层量（0.24 克）比 JHA 区（0.27 克）虽然略有降低，但由于结茧率高，供试百头蚕的茧层产量（23.54 克）

相应增加,比对照区(19.89 克)提高 18%。

表 2　MH 对防止不结茧蚕发生的效果*

处　理	五龄经过(日:时)	五龄减蚕率(%)	不结茧蚕率(%)	全茧量(克)	茧层量(克)	茧层率(%)	供试百头产茧层(克)
JHA_{72}	7:2	3.6	22.22	1.32	0.27 (135)	20.76	20.72 (104)
$JHA_{72}+MH_m$	6:4	0	9.68	1.26	0.24 (120)	19.00	23.54 (118)
对　照	5:11	0	3.33	1.17	0.20 (100)	17.09	19.89 (100)

* JHA_{72} 表示五龄饷食后 72 小时,每头体喷 J003 2.5 微克/头; $JHA_{72}+MH_m$ 表示五龄 72 小时体喷 J003 2.5 微克/头,见熟 5—10% 时,每头添食 MH 2.2 微克/头。本试验全部用"苏 3 × 苏 4"的雌蚕为材料。人工饲料,1—3 龄用 No. 10, 4—5 龄用 No. 38。

见熟前后添食 MH,对挽救因 JHA 剂量过多而造成不结茧蚕的损失,效果是确实的。曾经专门作过一个极端试验(见表 3)。五龄 48 小时每头喷布"J003" 4 微克,处理 40 头蚕。当对照区 5 龄经过 5 天 22 小时基本都上蔟时,JHA 区仍无见熟征状,于是在 6 天零 2 小时开始,JHA 区一分为二,20 头添食 MH (2.5 微克/头),连添二次;其余 20 头不添食。结果不添 MH 的 20 头继续撮食,五龄经过 13 天成熟,但一头也不能结茧,终于全部死亡;而添食 MH 的 20 头,五龄经过 8 天零 7 小时熟,其中 7 头结了茧。

表 3　五龄末期添食 MH 对挽救不结茧蚕的试验*

	五龄经过(日:时)	供试头数	龄中减蚕	不结茧蚕(头)	茧结头数(头)	结茧率(%)	全茧量(克)	茧层量(克)	茧层率(%)
JHA_{48}	13:0	20	3	17	0	0	—	—	—
$JHA_{48}+MH_m$	8:7	20	0	13	7	35	1.80	0.23	12.78
对　照	5:22	40	1	6	33	82.5	1.62	0.24	14.81

* JHA_{48} 即五龄 48 小时体喷"J003" 4 微克/头,处理 40 头;待对照基本上蔟结束前,即五龄 146 小时,从中取出 20 头,添食 MH2.5 微克/头,连添两次,即"$JHA_{48}+MH_m$",供试材料为"苏 3 × 苏4"的雌蚕。人工饲料:1—3 龄用 No. 10, 4—5 龄用 No. 38。

因此,在实际生产中,万一 JHA 使用剂量过高或喷药时期过晚,出现蚕儿迟迟不熟的情况,可以添食 MH,促使老熟结茧,减少不结茧蚕损失,提高 JHA 的增产效果。

即使不用 JHA,养蚕生产中,往往遇到高温,或者多吃嫩叶,蚕儿咽侧体内分泌功能增强,蚕体 JH 与 MH 失却正常的平衡,因而出现生理性不结茧的现象,也是经常发生的(许心义等, 1963)。这种情况下,应用 MH 防止或减轻因不结茧蚕发生而造成的损失,可能是一项有效的措施。

(四) MH 增加蚕丝产量的效果

五龄中期或后期添食适量的 MH,有缩短五龄经过,促进老熟齐一,防止不结茧蚕发生的效果,已如上述;但相应的全茧量和茧层量都有不同程度的降低。MH 究竟能否增丝呢?下面一组试验,就专门探讨了这个问题。实验结果发现,"苏 3 × 苏 4"五眠蚕的末龄幼虫,饷食开始的 24 小时内,每头添食 MH3.0 微克,末龄经过缩短半天左右(见图 1),同时每茧平均茧层量(0.37 克)比对照(0.31 克)增加 19%;供试百头群体的茧层产量(34.36

克)比对照区(29.96 克)提高 15% (图 4)。

然而，其他时期添食同样剂量的 MH (3 微克/头)，与龄期缩短的同时，产丝量也有不同程度的降低。其中尤以末龄 48—72 小时添食区最为突出：末龄经过(109 小时)比对照区缩短 2 天光景，每茧平均茧层量 (0.22 克) 比对照 (0.31 克)降低 29%，供试百头蚕的茧层产量 (19.9 克) 比对照 (29.9 克) 降低 33%。其次是五龄 72—96 小时添食区，五龄经过缩短 2 天的同时，平均茧层量(0.26克)降低 16.1%，供试百头蚕的茧层量(25.2 克)降低 15.7%；而五龄 24—48 小时添食区与见熟前后添食区，经过缩短的同时，产丝减少都不明显。

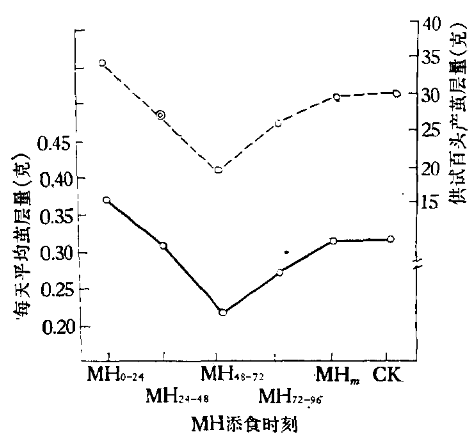


图 4　MH 添食时刻与产丝量的关系
○——○ 每头平均茧层量
○……○ 供试百头产茧层量

上述试验的供试材料蚕，系五眠蚕的末龄幼虫。普通四眠五龄幼虫，早期添食 MH 是否也有缩短增丝效果呢？为了探明这个问题，1975 年秋冬，曾进行了重复试验，结果归纳如表 4。

表 4　植源性蜕皮激素增丝效果试验

试验日期	处　　理†	饲　料	供试头数	结茧率(%)	全茧量(克)	茧层量(克)	同上指数	茧层率(%)	五龄经过(日:时)
1975* 8.10	对　照	桑叶	100	95.0	1.29	0.24	100	18.60	6:20
	MH_{0-24}, 4 微克	桑叶	100	82.0	1.44	0.27	113	18.75	7:15
	MH_{24-48}, 4 微克	桑叶	100	87.0	1.45	0.28	117	19.31	7:15
1975** 10.28	对　照	人工††饲料	40	87.5	1.20	0.22	100	18.17	6:12
	MH_{24}, 1 微克		40	87.5	1.27	0.23	104	17.87	7:4
1975** 11.9	对　照	人工††饲料	40	92.5	1.21	0.19	100	15.95	7:18
	MH_{24}, 1 微克		40	90.0	1.24	0.21	110	17.18	8:15

* 供试品种："东 34 × 603"。
** 供试品种："苏 3 × 苏 4"。
† "MH_{0-24}, 4 微克"，表示五龄饷食开始后的 24 小时内连续添食 MH 4 微克/头；"MH_{24}, 1 微克"，表示五龄饷食 24 小时，一次添食 MH 1 微克/头(一般在 8—12 小时内吃光)。
†† 人工饲料组成为：桑叶粉:豆腐粉:玉米粉 = 50:25:25，外加柠檬酸、防腐剂，V-C、V-B 的添加量同表 1 的 No. 38，加水量为 1.8 毫升/克干物。

从 1975 年三次试验结果看，不论桑叶育或是人工饲料育，五龄早期(饷食 48 小时以内，以 24 小时为宜)添食一定量的 MH，都有增加蚕丝的效果，不同试验中，平均茧层量增加 4—17%。这与 1674 年用五眠蚕末龄幼虫所做的试验结果相比，虽然没有达到缩短龄期的目的，但增丝倾向都是完全一致的。这就为激素增丝，提供了新的内容。

(五) MH 提高养蚕劳动生产率的作用

养蚕的劳动生产率，可用单位时间内丝物质形成的数量来表示，如五龄一日茧层量(即五龄平均 24 小时内形成的茧层重量)就是一个表示养蚕劳动生产率的指标。

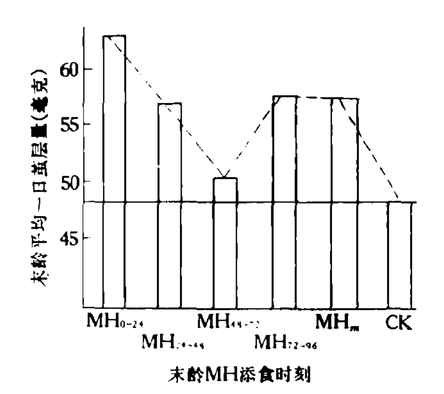


图 5　末龄平均一日茧层量依 MH 添食时刻为转移
供试材料为"苏 3×苏4"五眠蚕的末龄幼虫，MH 添食剂量为 3.0 微克/头；人工饲料：1—3 龄No. 10，4—6 龄 No. 34；MH_{0-24} 表示饷食开始的 24 小时内，人工饲料内添加 MH；其余类推；MH_{m} 表示见熟蚕时添食 MH；CK 为对照。

由于 MH 添食，不同程度地缩短了五龄经过，所以从末龄平均一日茧层量来看，都比对照区（48.0 毫克）有所提高（见图 5）。其中尤以末龄 0—24 小时添食区（62.4 毫克）提高最多，达 30% 左右；其次为末龄 24—48 小时添食区（57.2 毫克）和见熟前后添食区（57.1 毫克，提高 19—20%；而末龄 48—72 小时添食区（50.6 毫克）提高最少，也有 5% 左右。所以不管添食时期如何，MH 都有促进丝腺细胞对丝蛋白的形成和分泌、增加单位时间内丝物质的形成数量(吐出的丝物质，以茧层重量表示)的作用，从而提高养蚕的劳动生产率。

讨　论

蜕皮激素(MH)是一类强有力的昆虫生理活性物质。它对蚕儿的生长发育和丝蛋白形成等，具有多方面的作用。由于五龄中期或后期添食，在缩短龄期的同时，不同程度上有减少产丝量的倾向(Ito 等，1968；山本一雄，1972)，所以对 MH 在养蚕实践中的评价，往往陷于片面。本文在实验基础上，从调节五龄经过，提早上蔟结茧，避免缺叶倒蚕；促进老熟齐整，提高上蔟功效，节省上蔟劳力；防止不结茧蚕发生，提高 JHA 增丝效果；以及增加五龄一日茧层量，提高养蚕劳动生产率等方面，探讨了 MH 在养蚕生产上的实用价值。作为蚕儿生长调节剂，MH 与 JHA 一样，在养蚕生产上有很大的实用意义；正如江苏省吴江县平望公社的干部和贫下中农所说的："一个保幼激素，一个蜕皮激素，有了这两个药物，我们在养蚕生产斗争中，就有了更大的主动权。"

至于MH的增丝作用，过去曾有人通过体外、体内试验发现，外来的蜕皮甾酮，对五龄第三日的后部丝腺中丝蛋白合成有抑制作用（根据放射性标志 ^{14}C- 甘氨酸参入丝蛋白中的数量来判断）而对五龄第 5 日、第 6 日和第 7 日的后部丝腺中丝蛋白合成，有促进作用(Shigematsu 等，1970)。MH 促进丝腺中丝蛋白合成的强度，与本试验的结果(根据五龄一日茧层量来判断)是相符合的，但本试验未发现 MH 对五龄前期(第三日)丝腺中丝蛋白合成过程有抑制作用。相反，五龄早期(饷食后 24 小时左右)添食适量 MH，具有明显的增丝效果；而五龄其他时期添食 MH，虽然丝蛋白合成强度有所增加，但茧层绝对量都有不同程度的降低。所以，从增丝的角度讲，MH 添食时期，以五龄饷食后 24 小时左右为宜。

为什么五眠蚕末龄幼虫早期添食 MH 有缩短龄期的效果，而四眠蚕五龄幼虫早期添食 MH 未发现这种效果？是否由于五眠蚕与正常四眠蚕对外来 MH 的反应不同；抑或因为两次试验所用人工饲料中 MH 含量有别的关系，尚不能肯定，有待进一步研究。

参　考　资　料

许心义等 1963 家蚕农药中毒与高温嫩叶对发生不结茧蚕的影响。蚕业科学 **1**(2): 117—22。
江苏蚕研所等 1974 应用昆虫激素类似物增加桑蚕产丝量的研究初报。昆虫知识 **11**(1): 1—7。
江苏蚕研所等 1974a 应用昆虫激素类似物增加桑蚕产丝量的研究。昆虫学报 **17**(3): 290—302。
山本一雄 1972 原蚕添食昆虫蜕皮激素与促进蚕儿成熟等关系。蚕系研究 **82**: 1—7。
小林胜利 1957 家蚕的神经分泌に关する研究。蚕系试验场报告 **15**(3): 181—273。
Ito, T. *et al.* 1968 Acceleration of maturation of larvae of silkworm by feeding of insect-molting hormone from the plants. *Tech. Bull. Seric. Exp. Sta.* **92**: 21—40.
Shigematsu & Moriyama 1970 Effect of ecdysterone on fibroin synthesis in the posterior division of the silkgland of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.* **16**(10): 2015—22.

APPLICATION OF PHYTOGENOUS ECDYSONES TO REGULATE THE GROWTH AND SILK PRODUCTION IN *BOMBYX MORI* L.

Section of Sericultural Service, Academy of Agricultural and Forestrial Sciences of China
Laboratory of Physiology and Pathology, Kiangsu Institute of Sericulture
Laboratory of Insecticide and Toxicology, Peking Institute of Zoology, Academia Sinica
First Research Laboratory, Shanghai Institute of Organic Chemistry, Academia Sinica

The present paper, from the viewpoint of sericultural production, deals with the practical aspects of using phytogenous ecdysone (MH, a mixture of β-ecdysone and ajugasterone A in proportion of 3:2) extracted from *Ajuga ciliata* Bunge for regulating the growth and silk production in the silkworm *Bombyx mori* L. The results may be summarized as follows.

1. Oral administration of MH at a dosage of 3 μg/larva during the last larval instar (48—72 hours, 72—96 hours after the penultimate larval moult) shortened the feeding period two days (the last instar took 6 days in the controls), and smaller cocoons were formed. This finding could be of practical value during mulberry leave shortage at later stages of the last larval instar.

2. Administrations twice of MH *per os* at a dosage of 4 μg/larva 10 hours before larval maturity wore found capable of shortening the feeding period of last instar larva 14 hours and shortening the moulting time from 39 hours to 14 hours. When MH were applied *per os* after 5—10% of the larvae had reached maturity at a dosage of 2.2 μg/larva, all the larvae would moult within 12 hours after the administration. Consequently the period of moulting was greatly shortened and much human labour was saved.

3. Administration of MH just before larval maturity brought forth a significant decrease in the number of non-spinning silkworms. This finding is not only of interest in the practical use of juvenile hormone analogues to increase silk production, but

also of importance in preventing the occurrence of too many non-spinning individuals in silkworm rearing.

4. Administration of MH at a suitable dosage during the early stage of last larval instar (24 hours after the fourth moult) could increase silk production. The larvae would produce 4—17% more silk than the controls under different experimental conditions.

5. The productivity of silk can be enhanced through oral administration of MH to the fifth instar larvae at various times. MH treatment induced significant increases in daily produced coccon-layer weights varying from 5% to 30%.